

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern eines Ventils mit einem Ventilantrieb (24), der als Piezoaktor ausgebildet ist, mit einem Ventilglied (231), einem Ventilkörper (237) und einem Ventilsitz (234), bei dem
 - zu einem vorgebbaren Zeitpunkt (t5) das Ventilglied (231) von einer Position in Anlage mit dem Ventilsitz (234) in eine vorgegebene Position entfernt von dem Ventilsitz (234) gesteuert wird durch einen Entladevorgang des Piezoaktors,
 - der Entladevorgang aufgeteilt wird in eine erste Entladezeitdauer (T4), während der eine vorgegebene erste elektrische Energiemenge von dem Piezoaktor abgeführt wird, eine darauffolgende Haltezeitdauer (T5), während der der Piezoaktor nicht angesteuert wird, und eine darauffolgende zweite Entladezeitdauer (T6), während der eine vorgegebene zweite elektrische Energiemenge von dem Piezoaktor abgeführt wird, und
 - abhängig von dem Verlauf einer Spannung am Piezoaktor oder eines Stromes durch den Piezoaktor, der charakteristisch ist für das Schwingungsverhalten des Piezoaktors während der Haltezeitdauer (T5), die Haltezeitdauer (T5) und/oder die erste Entladezeitdauer (T4) adaptiert wird, um ein präzises Ansteuern des Ventils zu gewährleisten.
2. Verfahren zum Steuern eines Ventils mit einem Ventilantrieb (24), der als Piezoaktor ausgebildet ist, mit einem Ventilglied (231), einem Ventilkörper (237) und einem Ventilsitz (234), bei dem
 - zu einem vorgebbaren Zeitpunkt (t1) das Ventilglied (231) von einer vorgegebenen Position entfernt von dem

Ventilsitz (234) in den Ventilsitz (234) gesteuert wird durch einen Ladevorgang des Piezoaktors,

- der Ladevorgang aufgeteilt wird in eine erste Ladezeitdauer (T1), während der eine vorgegebene erste elektrische Energiemenge dem Piezoaktor zugeführt wird, in eine darauf folgende Haltezeitdauer (T2), während der der Piezoaktor nicht angesteuert wird, und eine darauf folgende zweite Ladezeitdauer (T3), während der eine vorgegebene zweite elektrische Energiemenge dem Piezoaktor zugeführt wird, und
- abhängig von dem Verlauf einer Spannung am Piezoaktor oder eines Stromes durch den Piezoaktor, der charakteristisch ist für das Schwingungsverhalten des Piezoaktors während der Haltezeitdauer (T2), die Haltezeitdauer (T2) und/oder die erste Ladezeitdauer (T1) adaptiert wird, um ein präzises Ansteuern des Ventils zu gewährleisten.

3. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die Haltezeitdauer (T2, T5) und/oder die erste Entladezeitdauer (T4) bzw. die erste Ladezeitdauer (T1) adaptiert wird abhängig von der Amplitude und/oder der Periode des Verlaufs der Größe, die charakteristisch ist für das Schwingungsverhalten des Piezoaktors während der Haltezeitdauer.

4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem die Haltezeitdauer (T2, T5) adaptiert wird abhängig von der Periode des Verlaufs der Größe, die charakteristisch ist für das Schwingungsverhalten des Piezoaktors während der Haltezeitdauer.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 oder 4,

bei dem die erste Entladezeitdauer (T4) bzw. die erste Ladezeitdauer (T1) adaptiert wird abhängig von der Amplitude des Verlaufs der Größe, die charakteristisch ist für das Schwingungsverhalten des Piezoaktors während der Haltezeitdauer (T2, T5).

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5 abhängig von Anspruch 2, bei dem die Summe der ersten Ladezeitdauer (T1) und der Haltezeitdauer (T2) auf einen Maximalwert (T_MAX) begrenzt wird, bei dem sichergestellt ist, dass das Ventilglied (231) sich noch nicht in Anlage mit dem Ventilsitz (234) befindet.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das Ventil Teil einer Pumpe-Düse-Vorrichtung mit
 - einer Pumpe, die einen Kolben (11) und einen Arbeitsraum (13) hat,
 - einer Steuereinheit ist, die einen Ablaufkanal (22), der hydraulisch gekoppelt ist mit dem Arbeitsraum (13), den Piezoaktor, der einen Ventilantrieb (24) bildet, und das Ventil umfasst, wobei das Ventil ein Ventilglied (231), einem Ventilkörper (237), einem Ventilsitz (234) und einem Absteuerraum (232), der hydraulisch entkoppelt ist von dem Ablaufkanal (22), wenn das Ventilglied (231) an dem Ventilsitz (234) anliegt, und der ansonsten hydraulisch gekoppelt ist mit dem Ablaufkanal (22), umfasst.
8. Verfahren nach Anspruch 7,

bei dem die erste Entladezeitdauer (T1) auf einen Minimalwert (T_MIN) begrenzt wird, bei dem sichergestellt ist, dass die Düsennadel (53) die Düse (56) verschließt.